

複数の Android 端末における通信制御ミドルウェアの WLAN と LTE 環境における評価

島田 歩実[†]

山口 実靖[‡]

小口 正人[†]

[†]お茶の水女子大学

[‡]工学院大学

1. はじめに

近年のロススペース TCP はより高いスループットを確保するためによりアグレッシブな輻輳制御手法を用いているが、有線接続に比べ脆弱な無線接続環境においてはその手法によって膨大なパケットが蓄積され、その結果輻輳が発生してしまうという問題が生じている。先行研究では、ロススペース TCP の一種である CUBIC-TCP を使用している Android 端末を用いて、無線 LAN アクセスポイント (AP) における ACK パケットの蓄積を回避する協調的制御手法が提案、実装された [1][2]。本研究では通信性能のさらなる向上を目指し、協調的制御手法に改変を加えた。そして無線 LAN 環境だけでなく、LTE (Long Term Evolution) 環境下においても評価実験を行った。

2. 研究背景

2.1 Android OS

本研究では、Android プラットフォーム上で動作するシステムを扱う。Android OS は Google 社が開発した OS で、オープンソースであることからカスタマイズが自由であるという特徴を持つ。また Linux カーネルがベースとなっており、ロススペース TCP の一種である CUBIC-TCP を輻輳制御アルゴリズムとして採用している。しかし、ロススペースアルゴリズムが持つ特徴であるアグレッシブな輻輳制御手法によって無線接続環境においては AP や基地局で ACK パケットの蓄積が生じ輻輳の原因になってしまうといった問題がある。

2.2 WLAN (Wireless LAN)

WLAN とは無線でデータの送受信を行う構内通信網である。電波の届く範囲は数十メートルで、屋内や限定されたエリアでの通信が目的となる。

2.3 LTE (Long Term Evolution)

LTE とは携帯電話が利用する通信規格で、屋外での利用が目的となっているため基地局から数百～数キロメートルまで電波が届く。本研究ではフィンランドに所在する Centria 大学が所持する LTE の基地局を用いて実験を行う。環境の詳細は 4 節に示す。

3. 先行研究

3.1 カーネルモニタ

先行研究で開発されたカーネルモニタ [1] は、通常見ることができない Linux システムの CWND や RTT などの様々なカーネル内部の情報をモニタできるシステムツールである。このツールを Android に組み込むことで、TCP

通信時におけるカーネル内部の処理をリアルタイムに解析し、各パラメータ値の変化を記録する。

3.2 輻輳制御ミドルウェア

また、カーネルモニタをベースとして、無線 LAN アクセスポイントにおける ACK パケットの蓄積を回避する輻輳制御ミドルウェア [2] がスマートフォン端末向けに提案、実装された。このミドルウェアの作動は以下に示す。

- (1) AP を共有する端末間で UDP パケットをブロードキャストし合うことで、同じ AP への同時接続端末数を把握。
- (2) (1) で検知した接続台数から、適切な CWND サイズの上限値候補 1 と下限値候補 1 をそれぞれ算出。
- (3) カーネルモニタから現在の RTT 値と最小 RTT 値を取得。
- (4) (3) から RTT 増減量を計算。
- (5) RTT 増減量から、適切な CWND サイズの上限値候補 2 と下限値候補 2 をそれぞれ算出。
- (6) 上限値候補 1 と上限値候補 2、下限値候補 1 と下限値候補 2 をそれぞれ比べ、小さいほうを最適な CWND の上限値及び下限値としてプロセスインタフェースに 0.5 秒ごとに書き込み、補正。

このように、通信中においても同じ AP を共有する他端末が通信を始めたことやそれに伴って急に RTT の値が増加したことを本システムが検知すると、リアルタイムに CWND を適切な値に補正することでトラフィック発生量を制限し、途中から通信を始めた端末にも均等に帯域を分け合えるよう制御することができる。その結果、多くの端末が同時に通信するときの全体の通信速度と公平性の向上を可能にしている。本研究では制御方法に改良を加え、さらに WLAN 環境だけでなく、LTE 環境においても、輻輳制御ミドルウェアの評価実験を行った。

4. 既存手法の改良

本研究ではさらなる通信性能の向上を目指すために制御手法に改良を加えた。図 1 に実験環境を示す。WLAN 環境下において Nexus 5 端末を 6 台同時通信させ、さらに AP とサーバの間に人工遅延装置 dummynet を設置し、輻輳の生じやすい高遅延環境を模擬するために 512ms に設定した。この環境において、Iperf を用いて測定した通信スループットと、カーネルモニタから取得したパラメータから評価を行った。

図 2 はミドルウェアによって制御された CWND の推移を示す。青い点線は改良前のミドルウェア、赤い実線は改良後のミドルウェアによる制御を示す。改良前の制御法による CWND の抑制が厳しすぎる点に着目し、CWND の

Performance Evaluation of Backlog Control Middleware in WLAN and LTE networks with Multiple Android Terminals

[†] Ayumi Shimada, [‡] Saneyasu Yamaguchi, [†] Masato Oguchi
Ochanomizu University ([†]), Kogakuin University ([‡])

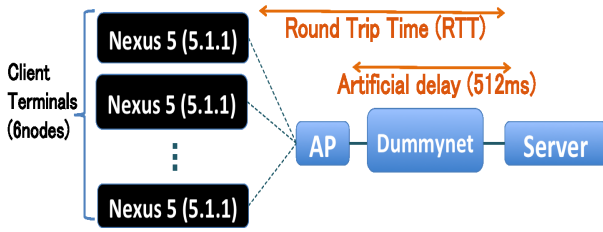


図 1: 実験トポロジ

抑制を緩くしより最適な通信量を保つよう、制御方法に変更を加えた。

3.2の(3), (4)に示したように、ミドルウェアはRTT増減量から適切なCWNDサイズの上限值と下限値を算出し補正する。そこで、RTT増減量における制御パラメータに変更を加え(表1)、CWNDの抑制を緩くした。

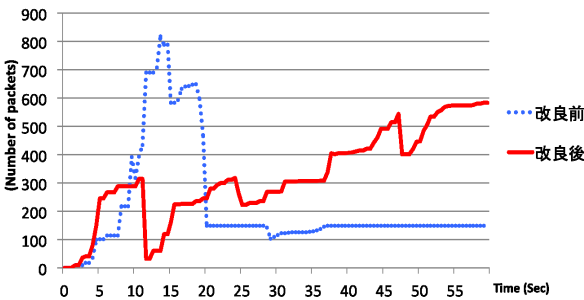


図 2: CWND の推移

表 1: RTT による制御

The number of terminals	改善前		改善後	
	max	min	max	min
0-	555	200	600	300
51-	555	50	555	200
106-	555	10	500	150
161-	555	2	500	100
331-	555	1	300	50

図 2 赤い実線の改良後のミドルウェアによって制御された CWND の推移が示すように、この改良を加えた結果 CWND の抑制が緩くなった。その結果、全体のスループットが改良前の手法とくらべ最大 39%、制御手法を用いない場合と比べ最大 113%向上した。

5. 性能評価

図 3, 4 に示す環境において、改善前の輻輳制御ミドルウェアの評価実験を WLAN 環境, LTE 環境それぞれにおいて行った。輻輳が生じやすい状況にするために、WLAN 環境下では 6 台の Nexus 7 タブレット端末を、LTE 環境下では 6 台の PC をネットワークへの負荷として加えた。

実験の結果、WLAN 環境下においては、全体のスループットが最大 43%向上した。

また LTE 環境下においては、全体のスループットは未取得だが、CWND が制御されていることから LTE 環境

下においてもミドルウェアは正常に動作することを確認した。さらに、CWND の抑制とともに RTT 値が抑えられていることから、CWND を適切に調整することによってスループットの向上が期待できる。

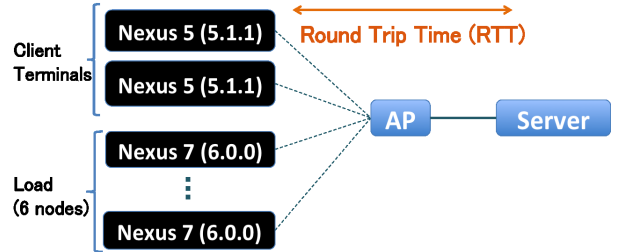


図 3: 実験トポロジ (WLAN)

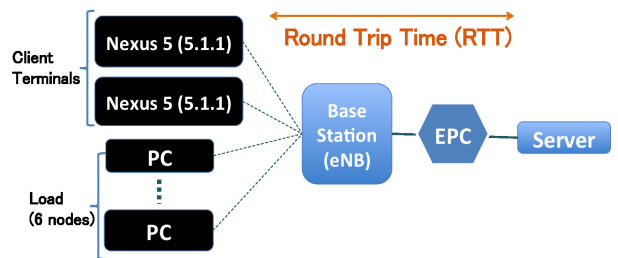


図 4: 実験トポロジ (LTE)

6. まとめと今後の課題

先行研究によって提案、実装された無線 LAN アクセスポイントにおける ACK パケットの蓄積を回避する協調的制御手法に改良を加え、WLAN 環境下において最大 113%通信速度が向上することを確認した。さらに WLAN 環境に加えて LTE 環境でも評価実験を行った結果、LTE 環境下でのミドルウェアの動作を確認することができた。

今後は改良後のミドルウェアを用いた WLAN 環境, LTE 環境下における通信性能の評価を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり、NTT ドコモの早川愛さんに大変有用なアドバイスをいただきました。また、LTE 環境下において実験を進めるにあたり、Centria 大学の Joni Jamsa さん, Heidi Kaartinen, Marjo Heikkila さん, Juhana Jauhiainen さん, Tero Kippola さん, Marjut Koskela さん, そして Juha Erkkila さんにご協力賜りました。皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Kaori Miki, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi: "Kernel Monitor of Transport Layer Developed for Android Working on Mobile Phone Terminals," Proc. ICN2011, pp.297-302, January 2011.
- [2] Ai Hayakawa, Saneyasu Yamaguchi, Masato Oguchi: "Reducing the TCP ACK Packet Backlog at the WLAN Access Point," Proc. ACM IMCOM2015, 5-4, January 2015.